

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

# Soluciones a los problemas de direccionamiento

Área de Ingeniería Telemática  
http://www.tlm.unavarra.es

Laboratorio de Programación de Redes  
3º Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

---

---

---

---

---

---

---

---

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Objetivo

- Ver diferentes soluciones al problema de la escasez de direcciones IP

Agotamiento de direcciones 1/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Contenido

- Introducción
- El problema
- Algunas soluciones
  - DHCP
  - NAT
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 2/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Contenido

- **Introducción**
- **El problema**
- **Algunas soluciones**
  - DHCP
  - NAT
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 3/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## UDP: User Datagram Protocol

- RFC 768
- Protocolo de transporte simple, sin gran inteligencia
- Servicio "best effort"
- Datagramas
- Los datagramas UDP se pueden:
  - Perder
  - Llegar desordenados a la aplicación
- ¿Transferencia fiable sobre UDP?
  - Añadir fiabilidad en el nivel de aplicación
  - ¡Recuperación ante errores específica de cada aplicación!
- Sin conexión:
  - No hay handshaking entre emisor y receptor
  - Cada datagrama UDP es procesado de forma independiente a los demás
- Empleado frecuentemente para aplicaciones de streaming multimedia
  - Soportan pérdidas
  - Sensibles a la tasa de envío
- Otros usos de UDP:
  - DNS
  - SNMP

Agotamiento de direcciones 4/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## UDP: User Datagram Protocol

- ¿Por qué existe UDP?
  - Es simple: no hay que mantener estado
  - Un establecimiento de conexión añadiría retardo no deseado
  - Cabecera pequeña
  - No hay control de congestión: puede enviar tan rápido como desee
- Encapsulado en paquetes IP, protocolo 17
- Cuando un host recibe un datagrama UDP :
  - Comprueba el puerto destino en el mismo
  - Dirige el segmento a la aplicación esperando datos a ese puerto
- Diferentes IP origen o puertos origen van al mismo punto de acceso al servicio (SAP)

Agotamiento de direcciones 5/47

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIÓN Y REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Cabecera UDP

**Puerto origen**

- Normalmente lo escoge el sistema operativo
- Suele ser un puerto efímero

**Puerto destino**

- Puerto del servidor
- *Well known* o se debe conocer por algún medio

**Respuesta servidor→cliente**

- Sentido contrario
- Puerto origen es el del servidor (*well known*)
- Puerto destino el efímero del cliente

**Longitud**

- Bytes del datagrama UDP

Agotamiento de direcciones 6/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIÓN Y REDES  
Área de Ingeniería Informática

## TCP

- *Transmission Control Protocol*
- Nivel de transporte
- RFCs 793, 1122, 1323, 2018, 2581
- Orientado a conexión
- Flujo de datos:
  - Stream de bytes
  - Fiable
  - Ordenado
  - Full duplex
- Control de flujo
  - Evitar congestionar al receptor
- Control de congestión
  - Evitar congestionar la red

Agotamiento de direcciones 7/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIÓN Y REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Demultiplexación con conexión

- Conexión identificada por 2 sockets
- Cada socket identificado por: Dirección IP y Puerto TCP
- Es decir, la conexión viene identificada por:
  - Dirección IP (1), Puerto TCP (1)
  - Dirección IP (2), Puerto TCP (2)
- El receptor emplea la cuaterna para demultiplexar
- Cada host soporta múltiples conexiones TCP simultáneas
- Con que uno de los 4 valores sea diferente la conexión ya es diferente
- Well-known ports, registrados, efímeros, igual que para UDP

Agotamiento de direcciones 8/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Gestión de conexiones

**Estableciendo una conexión:**

- *Three way handshake*

**Paso 1:**

- El extremo **cliente** envía un segmento solicitando una conexión al servidor
- El segmento **no tiene datos**, solo cabecera
- **SYN**

Diagram description: A vertical line on the left represents the client and a vertical line on the right represents the server. An arrow labeled 'SYN' points from the client to the server.

Agotamiento de direcciones 9/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Gestión de conexiones

**Paso 2:**

- El extremo **servidor** envía un segmento al cliente confirmando (acknowledgement) la recepción del SYN
- En el mismo segmento el servidor indica su deseo de establecer la conexión (SYN)
- El segmento **no tiene datos**, solo cabecera

Diagram description: A vertical line on the left represents the client and a vertical line on the right represents the server. An arrow labeled 'SYN, ACK' points from the server to the client.

Agotamiento de direcciones 10/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Gestión de conexiones

**Paso 3:**

- El extremo **cliente** envía una confirmación al SYN del servidor
- El segmento **no tiene datos**, solo cabecera
- Conexión establecida

**Transferencia de datos...**

Diagram description: A vertical line on the left represents the client and a vertical line on the right represents the server. An arrow labeled 'ACK' points from the client to the server. Below the client line, the word 'conectado' is written. Below the server line, the word 'conectado' is written.

Agotamiento de direcciones 11/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES

## Gestión de conexiones

**Cerrando una conexión**

**Paso 1:**

- Un extremo envía un segmento solicitando el cierre de la conexión
- El segmento **no tiene datos**, solo cabecera
- **FIN**

Agotamiento de direcciones 12/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES

## Gestión de conexiones

**Paso 2:**

- El otro extremo confirma (ACK) la recepción del FIN
- El extremo que ha enviado el FIN ya no puede enviar más datos nuevos
- Cierre solo de un sentido de la comunicación

Agotamiento de direcciones 13/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna

LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES

## Gestión de conexiones

**Paso 3:**

- El otro extremo envía un segmento solicitando el cierre de la conexión
- El segmento no tiene datos, solo cabecera

Agotamiento de direcciones 14/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Gestión de conexiones

**Paso 4:**

- Confirmación de ese segundo FIN
- Por si ese último ACK se pierde, el que lo envió espera un tiempo (podría tener que volverlo a enviar)
- Conexión cerrada

time wait  
cerrada

Agotamiento de direcciones 16/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Diagrama de estados

Open activo, snd SYN  
Open pasivo  
ESTABLISHED  
CLOSED  
LISTEN  
SYN RCVD  
SYN SENT  
SYN RCVD  
CLOSE  
WAIT  
CLOSING  
LASTACK  
FIN WAIT-1  
FIN WAIT-2  
TIMEWAIT

Agotamiento de direcciones 16/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Diagrama de estados

Open activo, snd SYN  
Open pasivo  
ESTABLISHED  
CLOSED  
LISTEN  
SYN RCVD  
SYN SENT  
SYN RCVD  
CLOSE  
WAIT  
CLOSING  
LASTACK  
FIN WAIT-1  
FIN WAIT-2  
TIMEWAIT

Agotamiento de direcciones 17/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Contenido

- Introducción
- El problema
- Algunas soluciones
  - DHCP
  - NAT
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 21/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Contenido

- Introducción
- **El problema**
- Algunas soluciones
  - DHCP
  - NAT
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 22/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES  
Área de Ingeniería Telemática

## Problemas de IPv4

- Escasez de direcciones
- Complejidad innecesaria en los routers

Agotamiento de direcciones 23/47

---

---

---

---

---

---

---

---



upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## ¿Dónde se desperdician direcciones?

- Redes con clases:
  - Clase A: Más de 16M de direcciones
  - Clase B: 64K direcciones
- PCs que se usen esporádicamente

Agotamiento de direcciones 24/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Contenido

- Introducción
- El problema
- **Algunas soluciones**
  - DHCP
  - NAT
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 25/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## DHCP

- Dynamic Host Configuration Protocol
- RFC 2131
- Basado en BOOTP
- Permite a un host obtener configuración IP de forma automática
  - Dirección IP
  - Máscara de red
  - Router por defecto
  - Servidor de DNS
- El host solicita la configuración a un servidor de DHCP
- Emplea UDP

**Mecanismos de asignación de dirección IP:**

- Automatic allocation
  - Asigna una IP permanente
- Dynamic allocation
  - Asigna por un periodo de tiempo limitado (lease)
  - O hasta que el host la lebera
- Manual allocation
  - IP fijada por el administrador

Agotamiento de direcciones 26/47

---

---

---

---

---

---

---


---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## DHCP: Funcionamiento (I)

- El cliente es el nuevo host conectado a la red
- Necesita configuración de red
- Para ello preguntará a un servidor de DHCP
- Normalmente habrá un servidor en cada subred

- Si no hay servidor en una subred se puede configurar un *relay*
  - Conoce la dirección del servidor
  - Ve las peticiones del cliente y las reenvía
  - Es normalmente un router



Agotamiento de direcciones

27/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática


## DHCP: Funcionamiento (II)

### DHCP Server Discovery

- Envía un datagrama UDP al puerto 67
- No conoce la dirección IP del servidor: lo dirige a la IP de **Broadcast** (255.255.255.255)
- No tiene dirección IP: emplea como origen la dirección IP "este host" (0.0.0.0) (...)

### DHCP Server Offer

- El cliente puede recibir respuesta de uno o varios servidores (...)
- El servidor ofrece una dirección al cliente
- Ofrece también una duración durante la cual le cede la dirección
- Si hay varios ofrecimientos el cliente puede elegir



Agotamiento de direcciones

28/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática


## DHCP: Funcionamiento (y III)

### DHCP Request

- El cliente ha escogido una oferta y hace la solicitud al servidor correspondiente (...)

### DHCP ACK

- El servidor confirma la asignación al cliente (...)



Agotamiento de direcciones

29/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Contenido

- Introducción
- El problema
- **Algunas soluciones**
  - DHCP
  - **NAT**
  - IPv6

Agotamiento de direcciones 30/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## NAT

- Network Address Translation
- Otra propuesta de solución al problema del agotamiento del espacio de direcciones
- Permite que una red que emplee **direccionamiento privado** se conecte a Internet
- El router que conecta la red a Internet:
  - Cambia la dirección IP privada por una dirección pública al reenviar un paquete hacia el exterior
  - Cambia la dirección IP pública por la correspondiente privada al reenviar un paquete hacia el interior

Agotamiento de direcciones 31/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## NAT

- El cambio puede ser:
  - **Estático:** una IP interna siempre se cambia por la misma IP pública
  - **Dinámico:** existe un pool de IPs públicas y se establece una relación entre las IPs internas y las de ese pool
- No se necesita reconfigurar los hosts de la red
- Si no todos los hosts de la red desean cursar tráfico con Internet "simultáneamente" no hacen falta tantas direcciones como hosts.

Agotamiento de direcciones 32/47

---

---

---

---

---

---

---

---





upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES  
Área de Ingeniería Telemática

## Contenido

- Introducción
- El problema
- **Algunas soluciones**
  - DHCP
  - NAT
  - **IPv6**

Agotamiento de direcciones 39/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES  
Área de Ingeniería Telemática

## IPv6

- **Motivación inicial:**
  - El espacio de direcciones de 32bits se estaba agotando
- **Motivación adicional:**
  - Formato de la cabecera que ayude en el procesamiento acelerándolo
    - Que la cabecera no sea de tamaño variable
    - Eliminar el checksum
    - Eliminar la posibilidad de fragmentación en los routers
  - Cambios en la cabecera que faciliten ofrecer QoS

Agotamiento de direcciones 40/47

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES  
Área de Ingeniería Telemática

## Cambios con IPv6

- Direcciones de 128bits
- Introduce un nuevo tipo de direcciones: **anycast**
- Cabecera de **tamaño fijo** (40 Bytes)
- Para QoS: posibilidad de etiquetar paquetes como pertenecientes a un "flujo"
- No hay fragmentación y reensamblado
- No hay checksum de la cabecera
- Las opciones aparecen como otro protocolo sobre IP
- Seguridad
- ICMPv6

Agotamiento de direcciones 41/47

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Técnica

## Direcciones

- 16 bytes
- Notación:
  - Pares de bytes en hexadecimal
  - Separados por ":"
  - Simplificar 0s a la izquierda
  - Bloques de pares de bytes de 0s
  - Notación CIDR
  - Notación mezclada
- Unicast
- Multicast
- Anycast
  - Conjunto de interfaces
  - Se entrega el paquete a uno de ellos

Agotamiento de direcciones 42/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Técnica

## Cabecera IPv6

Versión = 6  
 Priority  
 Flow label: 20bits  
 Next header = *protocol* en IPv4  
 Hop limit: Como TTL

40 Bytes

Agotamiento de direcciones 43/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**upna**  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Técnica

## Cabecera IPv6

40 Bytes

Agotamiento de direcciones 44/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Opciones

### Extension Headers

- Source Routing
- Fragmentación
- Autenticación
- Encrypted Payload
- Etc.

Security

Ver	Pri	Flow label	
Payload length		Next header	Hop limit
Source address			
Destination address			
Next header	Header length		
Next header	Header length		
Payload			

Agotamiento de direcciones 45/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Transición de IPv4 a IPv6

- Es complejo cambiar los protocolos del nivel de red
- Alternativas:
  - Flag day
    - Con cientos de millones de máquinas??
  - Dual-Stack
    - Nodos IPv4/IPv6
    - Problema: Pérdida de campos
  - Tunneling
  - Header translation

Aplicación

TCP o UDP

IGMP, ICMP IPv4 ARP	ICMPv6 IPv6
---------------------------	----------------

LAN o WAN

**Dual stack** IPv6 IPv6 IPv4 IPv4 IPv6 IPv6

**Tunneling** IPv6 IPv6 IPv4 IPv4 IPv6 IPv6

Agotamiento de direcciones 46/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

upna  
LABORATORIO DE REDES  
Área de Ingeniería Informática

## Resumen

- Escases de direcciones:
  - Mal reparto
  - Uso esporádico
- Asignación dinámica a host: DHCP
- Traslación de direcciones en router: NAT
- Aumentar el espacio de direcciones: IPv6

Agotamiento de direcciones 47/47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---